

在不同营养状态下东方田鼠对陌生食物选择学习的研究

李俊年¹, 刘季科^{2*}, 陶双伦¹

(1. 吉首大学生物资源与环境学院, 吉首 416000; 2. 浙江大学生命科学学院, 杭州 310029)

摘要:通过不同饥饿处理,研究了东方田鼠在不同营养状态下,对陌生食物尝试和选择的行为模式。结果表明,初次遇到陌生食物时,各处理组对陌生食物的采食量分别为饱食 $6.9 \pm 1.8\text{g}$, 饥饿组为 $4.8 \pm 1.6\text{g}$, 饥饿+食物短缺组为 $3.4 \pm 1.4\text{g}$ 。各处理组动物对陌生食物的摄入量间差异极为显著($P=0.0043$)。饱食组、饥饿组及饥饿+食物短缺组动物初次遇到陌生食物时,所摄入的陌生食物量占总摄入量的百分比分别为 72%、38% 与 12%。说明,在实验室条件下饱食动物较饥饿和饥饿+食物短缺的动物学习选择摄食陌生食物的倾向较强。

关键词:营养状态;食物选择;东方田鼠;饥饿;陌生食物

Studies on the learning of preference of new food in rede voles (*Microtus fortis*) with different nutritional status

LI Jun-Nian¹, LIU Ji-Ke^{2*}, TAO Shuang-Lun¹ (1. College of Biology and environmental Science, Jishou University, Jishou, 416000, China; 2. College of Life Science, Zhejiang University, Hangzhou, 310029, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2003, 23(11): 2492-2496.

Abstract: Animals are surrounded with potential food of many different types in nature, some of which are known and others are unknown. When an animal first encounters a new type of food it typically does not eat all of it at once but rather nibbles a bit, waits for a while, nibbles a bit more, and so on. This is a time-consuming and costly process, especially for a hungry animal. The animal has a choice of either continuing to eat familiar food or to try a new food type. Testing a new food entails both a potential cost and a potential benefit. The potential cost is both the risk of the food being poisonous and spending time and effort eating something that may be totally without nutritional value. The potential benefit is also twofold: the new food may be more profitable than the familiar food types, or it may be resource to use when more profitable food sources have disappeared. Previous studies on the learning of new food preference in hungry animals are presented with new food when there is no familiar food presented. The animals have no alternative but to the new food, thus these studies just tested the food selection of several food items, and did not explain the mechanism of food selection. This study was designed to test the hypothesis that learning of preference of new and more profitable food in rede voles (*Microtus fortis*) would depend on their nutritional status, and the modes of preference of new food in rede voles with different nutritive status were studied. All animals used were trapped in fields near the Dongting lake.

基金项目:国家自然科学基金资助项目(39930133)

收稿日期:2003-06-04; **修订日期:**2003-07-20

作者简介:李俊年(1964~),男,甘肃民乐人,博士,副研究员。主要从事营养生态学和进化生态学研究。

* 通讯作者 Author for correspondence, E-mail: jikeliu228@163.com

Foundation item: National Natural Scientific Foundation of China(No. 39970133)

Received date: 2003-06-04; **Accepted date:** 2003-07-20

Biography: LI Junnian Ph. D., Associate professor, research interest in nutritional ecology and co-evolutional ecology.

Hunan province in April 2001. Thirty female adult rede voles were randomly divided into three groups with 10 animals each. The first week was an adaptive period during which all animals had free access to raw rice as a familiar food and water in their home cage. A new food as milled rice was provided in addition to raw rice in the test cage during the following 6-day experimental period; The first group (sated) received both raw rice and milled rice *ad libitum* on day one of the experiment; the second group (hungry) received the same experimental set up as during the habituation procedure on the first day of experiment, the animals was put in the test cage with familiar food (raw rice) for only 20 min., the animals encountered the new food (milled rice next day while hungry; the third group (hungry + food shortage), the food were as removed from their home cage after one week habituation, and animals received given raw rice for 20 min. daily for the first 3 days, after the three days animals encountered new food in the test cage from day 4 on. During the rest of the experimental period, all the animals had the same deprivation level, they have only had food in the test cage for 20 min. during the experimental session, the experiment lasted for 6 days. The results indicated that intake of milled rice in sated, hungry voles and hungry + food shortage groups were 6.9 ± 1.8 g, 4.8 ± 1.6 g and 3.4 ± 1.4 g, respectively. The proportion's of milled rice intake in total intake in sated voles, hungry voles and hungry + food shortage groups were 72%, 38% and 12%, respectively. The animals experienced a food shortage ate less milled rice than the other two groups ($P < 0.01$). Both the sated and hungry voles ate the same amount ($P > 0.01$) of milled rice when they first encountered it. The sated animals learned to prefer a new and more profitable food source faster ($P < 0.01$) than those were hungry when they encountered it for the first time. The hungry voles, in turn, learned to eat milled rice more rapidly ($P < 0.01$) than animals that were hungry and experienced a food shortage as well.

Key words: nutritional status; food selection; rede voles (*Microtus fortis*); hungry
文章编号:1000-0933(2003)11-2492-05 中图分类号:Q958 文献标识码:A

植食性动物周围遍布各类食物项目,动物对其中一些熟知,而对另一些则为陌生。动物在觅食过程中,尝试陌生食物可能带来潜在的风险或利益。潜在的风险为动物摄入的食物有毒,或动物摄入的食物无任何营养价值。潜在的利益也具双重性,即陌生食物的营养价值较熟悉食物的高,或当营养价值较高的食物资源枯竭时,陌生食物可作为替代性食物资源。

当植食性哺乳动物初次发现一种陌生食物时,不会立即全部摄食,只是少量尝试,等待一段时间后再逐次增加摄食量。此类觅食方式既耗时,代价又昂贵,对于饥饿的动物尤其如此。

有关探讨植食性哺乳动物对陌生食物选择的诸多研究,仅探讨了动物处于饥饿状态下对陌生食物的反应,而并未同时供给动物熟悉的食物项目^[1,2]。动物在此类条件下,只得尝试陌生食物,别无它选。因此,该类研究仅仅测定了动物对几种不同食物项目的选择,并未能真实地揭示动物食物选择的机制。

自然环境的不确定性部分源于动物对周围环境的熟知程度,当动物尝试陌生食物时,这种不确定性风险随之降低。Barnard 和 Brown^[3]认为,当动物的能量收支为正值时,动物喜食熟悉的食物项目,当动物的能量收支为负值时,它们的觅食行为将趋于冒险,开始探寻和选择摄食陌生的食物资源。本研究旨在测定营养状态对动物尝试和学习陌生食物的影响。所检验的假设为动物对陌生食物的学习速度依赖于动物的营养状态,动物对陌生食物的探究与尝试依动物的能量收支而异。

1 材料和方法

1.1 实验动物

所有实验动物为浙江大学生命科学学院动物进化生态学实验室饲养的东方田鼠(*Microtus fortis*),初始种群为 2001 年 4 月在湖南省洞庭湖地区农田捕获的个体。实验动物单笼(464m×314m×200m)饲养,笼内铺垫木屑,以脱脂棉作为覆盖物,供给充足食物和饮水。饲料为免生长与繁殖的全价颗粒饲料(北京科

奥颗粒饲料公司),其主要成分为,粗蛋白(18%、粗脂肪 $\geq 4.1\%$ 、粗纤维 $10\% \sim 15\%$ 、灰分 $\leq 9\%$ 、钙 $0.9\% \sim 1.2\%$ 、磷 $0.4\% \sim 0.7\%$ 、赖氨酸 $\geq 0.6\%$ 、蛋氨酸+胱氨酸 $\geq 0.6\%$ 、维生素A $\geq 10000\text{Iu/kg}$ 、维生素D $\geq 1000\text{Iu/kg}$ 。室温控制在 $20 \pm 1\text{C}$,光照周期为14L:10D。

1.2 实验程序

在实验开始前,所有实验个体有7d的适应期(处于饱食状态)。每个方块代表1d(表1),阴影方块代表投放陌生食物。各处理组接受不同处理的时间在线的左侧。饱食组个体处于饱食状态并供给陌生食物,饥饿组个体在饱食状态时只供给熟悉食物,饥饿+食物短缺组个体在前3d不供给食物,但在测试笼内有充足的熟悉食物。各处理组间实验个体对陌生食物的反应在方块标有1的当天进行,各处理组间试验个体对陌生食物的学习速度的比较在方块标有2的当天进行。

实验动物为30只雌性东方田鼠成体,实验前20d,供给所有实验动物稻谷。实验前每天将实验个体逐个放入自助餐式实验装置内20min,持续1周,使其适应自助餐式实验装置的环境。测试笼内放置两个培养皿,培养皿间相距约15cm。其中,一个放置稻谷,另一个放置大米。之后将实验动物随机分为3组,每组10只。实验开始的第1天,第1组和第2组的实验动物不供给食物,动物可自由饮水。

第一组(饱食组)动物处于饱食状态,在实验开始的第1天,在测试笼内放置陌生食物,测定实验个体对两种食物的摄入量,一个培养皿内放置稻谷,另一个放置大米。测试时间为20min。

第2组(饥饿组)在实验的第一天,培养皿中放置动物熟悉的食物,持续20min。次日供给实验个体陌生食物,实验个体处于饥饿状态。其余处理与第1组同。

表1 实验设计

Table 1 Design of experiment

组别 Group	不同处理 Different treatments	相同处理 Identical treatments
		所有处理组均不提供食物
饱食组 Sated	饱食状态, 供给陌生食物和熟悉食物 Sated, new and familiar food	All groups food deprived, new and familiar present for all groups
饥饿组 Hungry	饱食状态, 熟悉食物 Sated and familiar food	
饥饿+食物 短缺组 Shortage hungry	饥饿状态, 熟悉食物 Hungry and familiar food	

每个方块代表1d,阴影方块代表投放陌生食物;各处理组接受不同处理的时间在线的左侧。各处理组间实验个体对陌生食物的反应在方块标有1的当天进行,各处理组间试验个体对陌生食物的学习速度的比较在方块标有2的当天进行 Each square represents one day, shade squares on which there was new food present; The comparison of how the groups first react to the new food is a comparison between the squares numbered '1'; The comparison between the rates of learning is between the squares marked numbered '2'

第3组(饥饿+食物短缺),动物适应1周后,将测试笼内的饲料清除干净,之后不投入任何饲料,在测试笼内的两个培养皿分别放置7g和3g的稻谷,每天将实验个体移入测试笼内20min,任其采食培养皿内的食物,持续3d之后,培养皿内不放置任何食物。Forkman等^[6]的研究表明,这种实验程序能使动物的行为表现近似于食物面临短缺,从而增加食物摄入量。随后,试验期内所有实验个体均处于相同的营养状态,即动物只在测试期间可摄取食物。其余实验处理相同,连续测定6d。测试笼内供给的食物同样相同,即一个

培养皿内放置稻谷,另一个培养皿放置大米。

1.3 统计分析

采用 Mean Whitaly U test 分析各处理组间动物采食陌生食物量所占总摄入量的百分数间的差异性,采用单因素 ANOVA 进行各处理组间动物摄食量间的差异显著性分析。

2 结果

如表 2 所示,试验个体初次遇到陌生食物时,各处理组对陌生食物的采食量分别为饱食组 6.9±1.8g,饥饿组为 4.8±1.6g,饥饿+食物短缺组为 3.4±1.4g。各处理组试验个体对陌生食物的摄入量间差异极为显著(P=0.0043)。饥饿组动物所摄入的食物量与饱食组所摄入的食物摄入量之间无显著差异。但饥饿组动物摄入的总食物量较多。

因此,饥饿组动物所摄入的陌生食物量占总摄入量的百分比(38%)较饱食组动物所摄食的陌生食物占其食物总摄入量百分比(72%)低(P<0.01, Mean Whitaly U test)。与其它两处理组动物相比,饥饿+食物短缺组动物所摄入的陌生食物占其食物总摄入量的百分比(24%)最低(饱食/饥饿+食物短缺组,P=0.002;饥饿/饥饿+食物短缺组,P=0.003, Mean Whitaly U test)。说明饱食动物较饥饿和饥饿+食物短缺组的动物学习选择摄食这种食物的速度更快。

表 2 不同饥饿处理条件下东方田鼠的食物摄入量(g)(M±SE)
Table 2 Food Intake(M±SE)of Rede voles under different hungry treatments

处理 Treatments	第 1 天 Day 1	第 2 天 Day 2	第 3 天 Day 3	第 4 天 Day 4	第 5 天 Day 5
饱食 Sated	6.9±1.8	7.3±2.1	7.1±2.2	7.2±2.0	7.3±2.2
饥饿 Hungry	3.8±1.6	6.0±1.4	6.9±1.6	7.2±2.0	7.2±1.8
饥饿+食物短缺 Shortage+hungry	2.4±1.4	5.9±1.2	7.1±1.7	7.0±1.5	7.1±2.0
F	65.32	7.71	4.45	4.35	1.06
P	0.00	0.51	0.79	0.99	0.99

饱食组试验个体和饥饿组试验个体在第 1 天的食物摄入量间具有极大差异,能同时选择摄食熟悉食物和陌生食物时,动物摄食的食物量为 10.2 g,而只采食熟悉食物时动物的食物摄入量为 11.4g。

研究结果表明,饥饿+食物短缺处理组的东方田鼠较其它两组处理的东方田鼠摄食的陌生食物量低,饥饿处理的东方田鼠和饱食处理的东方田鼠在初次遇到陌生食物时,对陌生食物的摄入量相近。然而,饱食处理的东方田鼠对陌生食物的相对摄入量较饥饿处理的东方田鼠对陌生食物的相对摄入量高。

因为动物摄食大米所消耗的能量较摄食稻谷所消耗的能量低,且动物取食和咀嚼大米所花的时间较稻谷所花时间少,动物对两种食物的喜好程度可见于动物对其的学习速度。第 2 天动物摄入陌生食物的百分比进行比较,各处理组间摄入的总食物量无显著差异。

3 讨论

当饥饿处理的东方田鼠与饱食处理的东方田鼠在初次遇到陌生食物时,饱食处理的东方田鼠学习和选择摄食更具营养食物的速度较饥饿处理的东方田鼠学习和选择摄食更具营养食物的速度快。而饥饿处理的东方田鼠则较即将面临食物短缺处理的东方田鼠学习选择陌生食物的速度快。

当同时供给东方田鼠陌生和熟悉食物时,东方田鼠摄入食物量较仅供给熟悉食物时摄入的食物量低。

学习是动物适应多变环境的一种适应对策。从能量生态学的角度分析,试错学习的代价十分昂贵^[4]。以探究性为基础的学习尤其如此,探究性的学习行为模式耗时费力,动物在不进行诸如交配、哺乳、抚育等

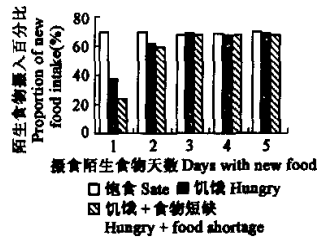


图 1 不同饥饿处理条件下沼泽田鼠对陌生食物的摄入量百分比

Fig. 1 Proportion of new food intake in rede voles with different hungry status

活动的条件下,动物的探究性行为则是对多变环境的一种适应对策。

与摄食熟悉食物相比,动物尝试陌生食物具有一定的风险,从中获得的净收益更缺乏确定性。本项研究表明,植食性小哺乳动物在不同的营养状态条件下,均显示出尝试陌生食物的倾向。当动物处于饱食情况下,它们尝试陌生食物的倾向更趋明显,尝试替代性食物的行为更为频繁^[5,6]。当动物能量收支为正值,但处于饥饿状态时,它们选择风险性较小的替代食物^[7]。当动物的能量收支为负值,且处于极度饥饿状态时,动物无任何选择余地,只有尝试陌生的食物资源,因为较为安全的食物不能满足其营养需要^[7,8]。

本项研究结果表明,饱食处理的东方田鼠较饥饿处理的东方田鼠学习陌生食物的速度快,能很快建立优先选择营养价值高的食物项目的行为序列。而饥饿处理的东方田鼠则较饥饿+食物短缺处理的东方田鼠学习陌生食物的速度慢。饥饿处理的东方田鼠对陌生食物学习较慢的原因可能是由于极度饥饿处理的东方田鼠降低对刺激物的摄入量,主要观察和记忆周围环境中能满足其营养需要的食物。当将极渴和较饿的小白鼠置入迷宫时,迷宫中放置着与动物当前生理需求所不相关的食物时,将动物拿出迷宫,之后再重新放入,此时动物处于饥饿状态,结果表明在第1次在迷宫中极渴的动物,不善于寻找食物^[9]。

Caraco 等^[7]认为动物并非简单的选择陌生食物。此类观点可解释食物短缺与动物与其它两组处理动物间食物选择的差异。但此与本项研究结果相矛盾,因为当饥饿动物与饱食动物初次发现陌生食物时,它们对陌生食物的摄食量相同。

摄食可替代食物可影响动物对陌生食物的学习。如果动物同时采食不同的食物项目,将会影响动物对有毒食物的避食学习^[10]。因此,当动物在同时摄食不同食物项目时,动物在选择陌生食物前,应首先尝试该类食物。

饱食组田鼠与饥饿组田鼠在第1天的总食物摄入量间无显著差异($P=0.06$)。田鼠动物发现陌生食物时,尝试少量陌生食物,而不采食其它食物。如果同时尝试几种食物,学习食物的效率则很低^[11]。当供给动物陌生食物和熟悉食物时,动物总食物摄入量下降是动物对饥饿风险和尝试利益的权衡。

综括上述,当植食性小哺乳动物处于饥饿状态时,它并不拒食陌生的食物资源,但植食性小哺乳动物处于饱食状态时,它们对陌生食物的探究性觅食行为较在饥饿状态下的探究性觅食更为频繁。饱食动物发现陌生食物时,会降低其食物摄入总量,以提高其学习选择陌生食物的效率。

References:

- [1] Zahorik D M, Houpt K A, Swartzman-Andert J. Taste aversion learning in three species of ruminants. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 1990, **6**: 27~39.
- [2] Forkman B. Some problems with the current patch-choice model; A study on the Mongolian gerbil. *Behav.*, 1991, **117**: 243~254.
- [3] Barnard C J, and Brown C A. Risk sensitive foraging in common shrews (*Sorex araneus*, L). *Behav. Ecol. Sociobiol.*, 1985, **16**: 161~164.
- [4] Staddon, JER. *Adaptive behaviour and learning*. New Jersey; Princeton University Press, 1983.
- [5] Forkman B. The effect of uncertainty on the food intake of the Mongolian gerbil. *Behav.*, 1993, **124**: 197~207.
- [6] Forkman B. The effect of hunger on the learning of new food preferences in the mongolian gerbil. *Behav.*, 1995, **132**: 627~639.
- [7] Caraco T, Martinadale S, Whittam T S. An empirical demonstration of risk sensitive foraging preferences. *Anim. Behav.*, 1980, **8**: 820~830.
- [8] Caraco T. Energy budgets, risk, and foraging preferences in dark eyed juncos (*Junco hyemalis*). *Behav. Sociobiol.*, 1980, **8**: 213~217.
- [9] John E E. The role of motivation strength in latent learning. *J. Comp. Phys. Psych.*, 1952, **45**: 526~830.
- [10] Provenza F D. Post-ingestive feedback as an elementary determinant of food preference and intake in ruminants. *J. Range Manage.*, 1995, **48**: 2~17.
- [11] Schachtman T R, Kaspro W J, Meyer R C, et al. Extinction of the overshadowing in conditioned taste aversion. *Anim. Learn. Behav.*, 1992, **20**: 207~218.